تتكون العيوب السطحية في المادة نتيجة أحد العاملين التاليين:

1- عمليات الإنتاج والاستخلاص.

2- عمليات التشكيل والتصنيع.

العيوب السطحية: هي العيوب ذات البعدين والتي تشكل مستوياً بين البلورات أو بين أجزاء البلورات. أما البعد الثالث فيكون متناهياً في الصغر.

تقسم العيوب السطحية إلى الأنواع التالية طبقاً لأسباب تشكلها:

1- المستويات ذات التوضع الخاطىء:

- تحصل هذه المستويات أثناء عملية التبلور عندما يكون توضع ذرات أحد المستويات توضعاً خاطئاً أي بحيث يكون المستوي منحرفاً إلى أحد الاتجاهات بمقدار مسافة ذرية واحدة.

2- حدود البلورات التوأمية:

- وتحدث هذه العيوب أثناء التشكيل اللدن للمعدن عندما ينقلب أحد أجزاء البلورة عند أحد المستويات البلورية لتصبح الهياكل الشبكية في الجزء المنقلب مناظرة للهياكل الشبكية الباقية في الجانب الآخر من مستوي التناظر الذي يسمى مستوي التوأمة.

3- حدود البلورات:

هي عبارة عن تعرجات وتداخلات صغيرة ذات مقاسات من مرتبة الأبعاد الذرية في الهياكل البلورية، وتحتوي مناطق حدود البلورات

Scanned by CamScanner

على العديد من العيوب البلورية، لذلك فإن خواص حدود البلورات تختلف عن خواص البلورات نفسها.

4- حدود الأطوار:

إذا كان أحد الطورين المتجاورين طوراً صلباً والأخر إما طوراً سائلاً أو غازياً فإن سطح بلورات الطور الصلب يكون ذا تعرجات وتداخلات صغيرة تحتوي على الكثير من الأخطاء والعيوب البلورية.

5- حدود البلورات الإضافية:

عند وجود الإنخلاعات الخطية المتوازية والمتساوية في الإشارة في بلورة ما، فإنها تجعل جزئي البلورة يميلان على بعضهما البعض بزاوية ما، وتشكل نهاية المستويات الإضافية للإنخلاعات ما يشبه السطح الفاصل بين جزئي البلورة.

6- حدود الأطوار المتشكلة:

تحدث عندما يبدأ أحد الأطوار بالتحول إلى طور آخر.

كما يمكن تقسيمها إلى عدة أنواع وفقاً لظروف تكوينها، وتشمل هذه الأنواع:

1- الشوائب الداخلية غير الفلزية.

2- عيوب السباكة.

3- العيوب الناتجة عن الطرق والتشكيل.

4- العيوب الناتجة عن اللحام.

4-2-3- العيوب الخطيةLine Defects

وأحياناً تدعى الانخلاعاتDislocations:

Scanned by CamScanner

تعتبر حركة الانخلاعات السبب الرئيسي لعمليات تشكيل المعادن كما يعتبر أيضاً من العوامل المؤثرة على خاصية الزحف وهي الخاصية الميكانيكية التي يتم على أساسها اختيار المادة الصالحة والمناسبة للاستخدام عند درجات الحرارة العالية، كلما زادت سهولة حركة الانخلاعات زادت قابلية المادة للتشكيل أو ما يسمى بخاصية اللدونة وهي إحدى الخواص الميكانيكية للمادة. يعرف العيب الخطي على أنه خرق في نظام البنية البلورية على طول خط ليس بالضرورة أن يكون مستقيماً. ينسب إلى العيوب الخطية غير المستقرة في البلورة بعض سلاسل العيوب النقطية كالثقوب والذرات الدخيلة المتواجدة بين العقد، وهذه العيوب لا يمكن أن تستمر طويلاً. أما العيوب المستقرة في البلورة فهي الانخلاعات(وهي عبارة عن انحرافات خطية مثل انقطاع المستويات الذرية أو انزلاقها). تتكون الانخلاعات في المادة إما في مراحل تجمدها من الحالة المنصهرة، أو أثناء ترسب بخار الفلز كما في حالة الطلاءات الخارجية، كما يتكون عدد قليل من الانخلاعات في المواد الفلزية عند إجراء عمليات التشكيل وتحميل المادة بأحمال خارجية.

وهناك نوعين من الانخلاعات:

1 - انخلاع حافيEdge dislocation.

2 - انخلاع لولبي(حلزوني)Screw dislocation.

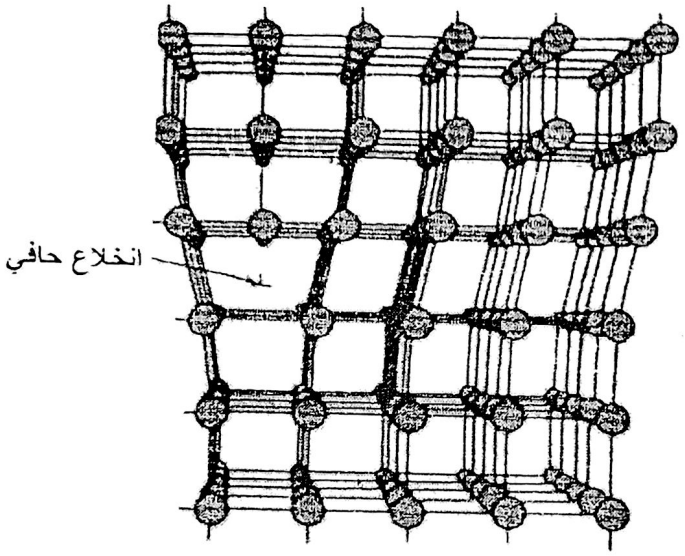
الانخلاع الحافي: كما هو موضح بالشكل(4-6) عبارة عن وجود مستوى من الذرات المقحمة ذاتياً يعمل على إزاحة الذرات المجاورة . يرمز للانخلاع الحافي السالب بالرمز ⊥ إذا كان المستوى المقحم إلى أعلى ويرمز

Scanned by CamScanner

للانخلاع الحافي الموجب بالرمز ⊤ إذا كان المستوى المقحم إلى أسفل.

وهناك حركة للانخلاع الحافي أو انتقال من مكان إلى آخر حيث ينتهي إلى الحافة أو يفنى نتيجة لتعرض المادة لقوى أو تأثيرات خارجية مثل الشد والضغط أو درجة الحرارة.

الانخلاع اللولبي: هو صف من الذرات لمستوي حول مسار لولبي ويكون متجه بيركر موازي لخط الانخلاع، أو هو انزلاق أحد جزئي البلورة بالنسبة للجزء الآخر.



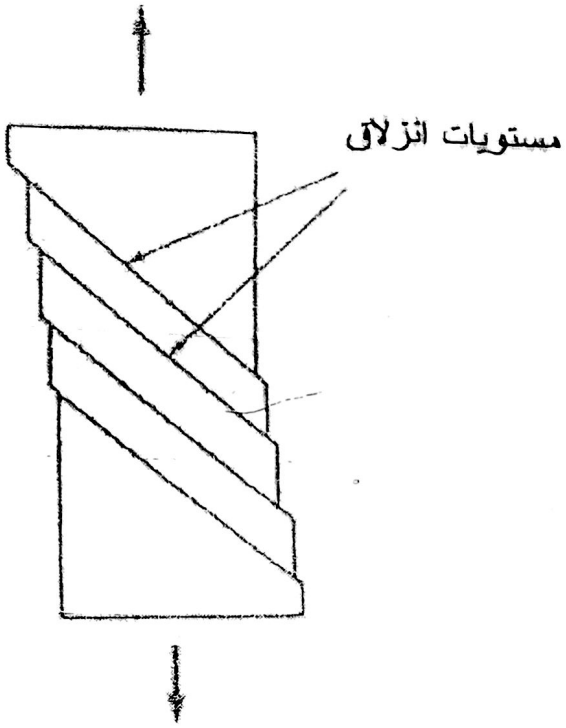
الشكل(4-6) الانخلاع الحافي

4-5- اللدونة وحركة الانخلاعات:

اللدونة هي قابلية المواد للتشكيل نتيجة لتأثير القوة، أي أن المادة تأخذ شكلاً جديداً حتى بعد إزالة القوة. مثال: عند إجراء اختبار الشد وجد أن العينة بعد التشكيل حدث بها انزلاقات على مستويات معينة كما هو موضح بالشكل(4-7). أراد العلماء حساب قوة الشد التي تسبب انزلاق

Scanned by CamScanner

المستويات ومقارنتها بالنتائج العملية، فوجدوا أن الحسابات النظرية تزيد ما يقرب من عشرة أضعاف عن النتائج العملية.



الشكل(4-7) يبين مستويات الانزلاق التي حصلت في العينة بعد التشكيل أثناء اختبار الشد

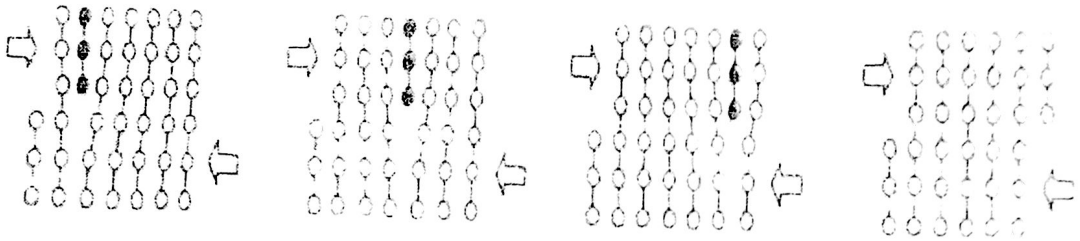
4-5-1- نظرية الإنخلاعات:

وضع العلماء نظرية جديدة هي نظرية تحرك الإنخلاعات وتتلخص بالتالي:

1- إن السبب الرئيسي لعمليات التشكيل في معظم المواد المعدنية هو حركة الإنخلاعات. كما هو واضح في الشكل(4-8).

Scanned by CamScanner

2 كما هو موضح بالشكل(4-8) فإنه تحت تأثير القوى يتحرك الإنخلاع لكي يستقر على الأطراف، لذلك كلما كانت حركة الإنخلاعات أسهل كلما زادت قابلية المادة للتشكيل.



الشكل(4-8) حركة الإنخلاعات

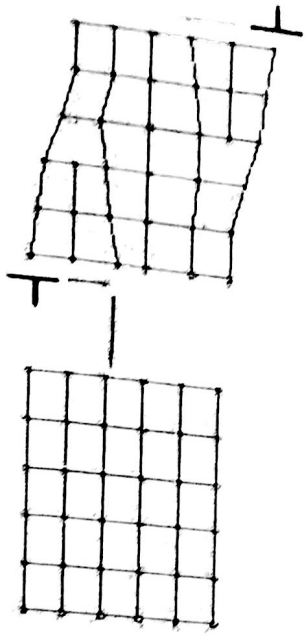
3- تزداد حركة الإنخلاعات بزيادة درجة حرارة المادة، وبالتالي تكون المادة أكثر لدونة عند درجات الحرارة العالية.

4- تأثير القوى على المادة يولد الإنخلاعات.

5- عندما تزيد كثافة الإنخلاعات فهي تكون عائقاً لحركة بعضها البعض.

6- قد يفني إنخلاع إنخلاعاً آخر كما هو موضح بالشكل(4-9). عندما يتقابل الإنخلاعان الموضحان بالشكل، فإنهما يكونان مستوى كاملاً ويلغي كل منهما.

Scanned by CamScanner



الشكل(4-9) عملية الإفناء

4-5-2- العوامل المؤثرة في حركة الإنخلاعات:

هناك عدة عوامل تؤثر على حركة الإنخلاعات وبالتالي تؤثر على قابلية المادة للتشكيل ونذكر منها:

1 - حجم الحبيبات(grain size):

تعد الحدود بين الحبيبات عائقاً لحركة الإنخلاعات، لذلك كلما قل حجم الحبيبات زادت حدود الحبيبات وأصبحت حركة الإنخلاعات أصعب وتكون المادة أكثر مقاومة للتشكيل أو اكثر قساوة.

2 - درجة الحرارة(Temperature)

كلما زادت درجة الحرارة زادت حركة الإنخلاعات وبالتالي تصبح المادة أكثر قابلية للتشكيل. ومن المعروف أنه عند درجات الحرارة العالية يزداد نشاط الإنخلاعات وتتحرك الأمر الذي يؤدي أكثر إلى احتمالات الإفناء.

Scanned by CamScanner

3 - التشكيل على البارد(Coled Forming)

كلما زادت عملية التشكيل على البارد تولدت انخلاعات أكثر وكلما سببت عوائق لحركة بعضها البعض، لذلك تزداد مقاومة المادة للتشكيل وتزداد قساوتها مع زيادة التشكيل على البارد.

4 - وجود الشوائب:

إن وجود الشوائب(الذرات الغريبة) بين ذرات المادة الأصلية يعيق حركة الانخلاعات ويقلل من قابلية المادة للتشكيل، وهذا ما يؤكد أن المعادن النقية سهلة التشكيل إلى حد كبير.

5 -عملية التخمير(Annealing):

هي إحدى عمليات المعالجة الحرارية التي تتم على المعادن وفيها يتم تسخين المعدن لدرجة حرارة معينة ثم التبريد البطيء وتسمى أيضاً عملية التلدين وينتج عن هذه العملية:

أ - تقلل كثافة الانخلاعات، وبالتالي تزيد لدونة المادة.

ب- يزداد حجم الحبيبات وبالتالي يقل حجم حدود الحبيبات مما يسهل حركة الانخلاعات.

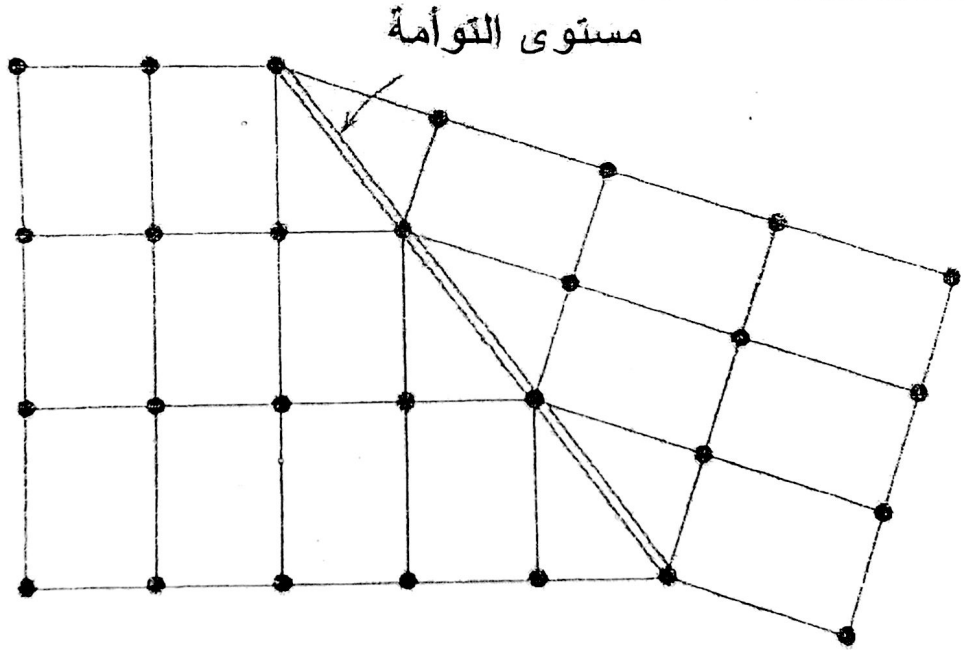
6 - فناء الانخلاعات:

يحدث الفناء عندما يتقابل انخلاع حافي علوي ⊥ مع انخلاع آخر سفلي T وتتحد مع بعضها. تتحرك الانخلاعات عادة في أكثر المستويات الذرية كثافة وفي أكثر الاتجاهات الذرية كثافة أيضاً.

Scanned by CamScanner

4-6- التوأمة:

بالإضافة إلى التشكيل عن طريق حركة الإنخلاعات فإن التشكيل في بعض المعادن يتم عن طريق ما يسمى بالتوأمة. يمكن تعريف التوأمة بأنها جزء من الحبيبة(البلورة) الذي يغير اتجاهه عن بقية الحبيبة بحيث تكون اتجاهات هذا الجزء كصورة مرآة من الإتجاه الأصلي كما في الشكل(4-10).



الشكل(4-10) التوأمة

الفصل الخامس

فحص بنية المادة

Scanned by CamScanner

Inspection Of Materials Structure

مقدمة:

يتم فحص المادة في المراحل المختلفة من الإنتاج والتصنيع، وفي مراحل التشكيل والتشغيل وفي فترات الصيانة. ويهدف الفحص في أي مرحلة من تلك المراحل إلى التأكد من سلامة المادة وخلوها من العيوب ومطابقتها للمواصفات، والتعرف عليها وعلى تركيبها وما قد يكون فيها من العيوب. وقد وجد أن العيوب يمكن أن تكون في المادة أو تتولد فيها أثناء التصنيع أو أثناء الاستخدام والاستعمال.

يتطلب إجراء الاختبار على المواد سواء قبل حدوث الانهيار أو بعده، تحضير مجموعة عينات من تلك المواد. وتنقسم اختبارات الفحص إلى نوعين رئيسين: اختبارات متلفة(إتلافية) حيث يحتاج الاختبار في هذه الحالة إلى قطع أجزاء من المادة لإجراء الفحص عليها، واختبارات غير متلفة(لا إتلافية)، حيث يتم فحص أجزاء المادة دون الحاجة إلى قطع عينات منها، أو إجراء تعديلات أو تغييرات في أبعادها أو خواصها.

يتم فحص وتحليل البنية باستخدام ما يلي: المجهر الضوئي والمجهر الإلكتروني والأشعة السينية، والميكروسكوب الماسح الإلكتروني والمجس الإلكتروني إضافة إلى طرق الاختبارات غير الإتلافية.

5-1- الفحص الضوئي:

يعد اكتشاف المجهر الضوئي واستخدامه بداية التقدم في علم المواد، والمواد الفلزية منها على وجه الخصوص. فعن طريق الميكروسكوب

Scanned by CamScanner

الضوئي يمكن تحديد حجم الحبيبة وشكلها، وكذلك اتجاهات الحبيبات وكيفية توزيعها، كما يمكن الكشف عن طور المادة الفلزية أو الأطوار المختلفة المكونة لسبيكة معينة. كما يمكن التعرف على احتواء المادة على أية شوائب، وكذلك التعرف على نوع انهيار المادة. يوجد نوعان من الفحص المجهري للمادة هما:

أ) الفحص الماكروسكوبي: يتم الفحص في هذه الحالة بقوة تكبير صغيرة تتراوح عادة(من 5 إلى 10).

ب) الفحص الميكروسكوبي: يتم في هذه الحالة فحص المادة عند قوة تكبير كبيرة جداً مقارنة بالفحص الماكروسكوبي. وتتراوح قوة التكبير في هذه الحالة (من20 إلى2000).

5-1-1- الفحص الماكروسكوبي(Macroscopic examination):

تتيح طرق الفحص الماكروسكوبي(العيني) تحديد الشكل العام للبنية البلورية للمعادن والسبائك في الأحجام الكبيرة ويمكن دراسة حجم البلورات الكبيرة وشكلها وأسلوب توزيعها، وكذلك التعرف على أسباب انهيار المادة. ولا يتطلب الفحص الماكروسكوبي أجهزة دقيقة ويمكن دراسة البنية بالوسائل التالية:

1. دراسة المكسر:

يعتبر فحص المكسر أبسط الطرق لإظهار البناء البلوري للمادة. وتتسم الأجسام البلورية على خلاف الأجسام غير المتبلورة(مثل الزجاج والبوليميرات وغيرها) بمكسر حبيبي(بلوري) كما هو موضح في الشكل(5-1). ويمكن من فحص المكسر الحكم على حجم الحبيبات وعلى

Scanned by CamScanner

خصائص عمليات الصهر والصب(درجة حرارة الصب، سرعة انتظام تبريد السبائك) مما يسمح بتقدير بعض خواص المعدن. وغالباً ما يدل المكسر الغليظ الحبيبات على انخفاض الخواص الميكانيكية للمشغولات بمقارنتها بالمشغولات الدقيقة الحبيبات.

الشكل(5-1) مكسر معدن الزنك

2. دراسة الشرائح الماكروسكوبية الخاصة:

تقطع في هذه الحالة من المشغولات الضخمة(مثل الصبات والقوالب) عينات يتم تجليخ سطحها ثم تسنفر وتصقل وتعالج كيميائياً باستخدام محاليل خاصة لإظهار بنيتها. مثلاً تستخدم لإظهار بنية الفولاذ في حالة التحليل الماكروسكوبي محاليل مثل كبريتات الأمونيا $(NH_4)_2S_2O_8$ أو حمض كلور الماء HCl أو خليط من HCl وHNO_3 و$K_2Cr_2O_3$ أو خليط من $CuCl_2$ وNH_4Cl. ينتج عن المعالجة الكيميائية للشريحة الماكروسكوبية تنميش انتقائي يظهر البنية الماكروسكوبية، ويوضح العيوب المسببة لعدم كون المشغولات مصمتة. ويمكن من خلال دراسة الشرائح الماكروسكوبية إظهار الملامح التالية:

Scanned by CamScanner

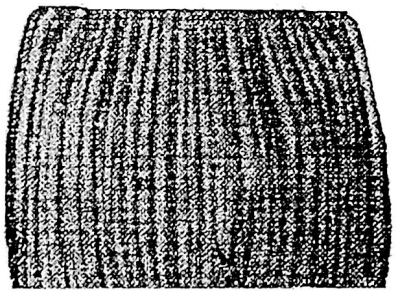
1- شكل وتوزيع أوضاع الحبيبات في المعدن المصبوب.

2- بيان اتجاه نمو الحبيبات للمشغولات المشكلة بالطرق أوالكبس، كما في الشكل(5-2).

3- العيوب المؤدية إلى عدم كون المشغولات مصمتة(الفجوة الأنبوبية والشقوق بين الحبيبات والمسامات الناتجة عن انكماش المعدن والفقاعات الغازية والشروخ).

4- عدم التجانس الكيميائي الناتج عن عمليات التبلور أو عمليات المعالجة الحرارية.

5- التعرف على حجم البلورات(الحبيبات) وآلية النمو أثناء تجمد المادة المعدنية.



الشكل(5-2) اتجاه نمو الحبيبات للفولاذ بعد الحدادة

5-1-2- الفحص المجهري(الميكروسكوبي)

:Metallographic examination

يتميز الفحص المجهري عن الماكروسكوبي بتكبير مرتفع يتيح رؤية

Scanned by CamScanner

تفاصيل البنية المجهرية بوضوح وما تحتويه من شوائب وتصنيف هذه الشوائب وكذلك حجم وشكل الحبيبات وإمكانية قياس حجم هذه الحبيبات. كما نتمكن بالفحص المجهري من معرفة الأطوار المختلفة التي تتكون منها البنية المعدنية والأحجام النسبية لهذه الأطوار بعضها بالنسبة للبعض بالإضافة إلى معرفة شكل الحبيبات لكل طور وتوزيعها خلال البنية الكلية. وتلقي هذه المعلومات الضوء على معظم الخواص الميكانيكية والفيزيائية لهذه البنية. ويتركز الفحص المجهري على مساحة من المادة أصغر من نظيرتها أثناء الفحص الماكروسكوبي نظراً لاختلاف التكبير في الحالتين. ونستطيع بالفحص المجهري أن نحصل على دراسة أدق لأسباب الكسور في الأجزاء المعدنية بعد دراسة عينات تحيط بمكان الكسر أو دراسة إخفاق المادة في مقاومة الظروف المعرضة لها.

إن طريقة تجهيز العينات المناسبة وتحضيرها لإجراء الفحص المجهري تمر بالخطوات التالية:

أ- اختيار العينة وقطعها:

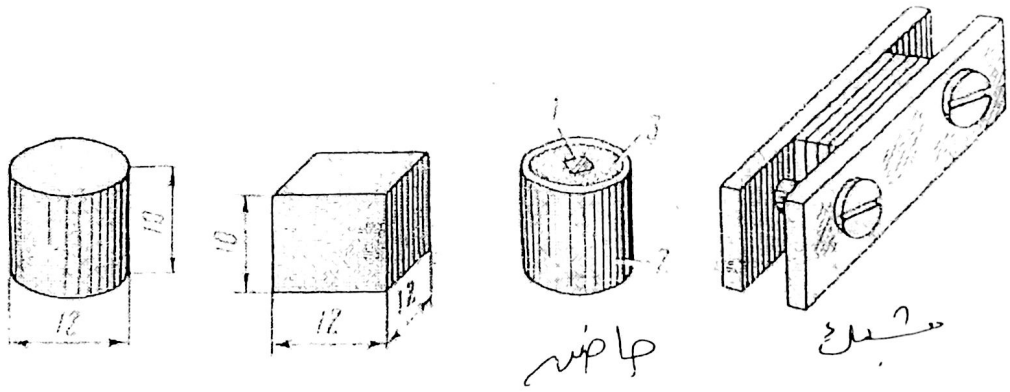
من الأهمية أن يكون اختيار العينة صحيحاً وممثلاً للمادة المراد فحصها نظراً لأن الاختيار الخاطئ للعينة يؤدي إلى نتائج خاطئة واستنتاجات غير صحيحة. ويجب عند اختيار العينة وقطعها مراعاة أن لا تغير عملية القطع والإعداد من طبيعة المادة أو تركيبها(كاستخدام مواد التبريد للتغلب على المشكلات الناتجة عن ارتفاع درجات الحرارة أثناء قطع العينات، كما أنه في بعض الحالات يمكن أن ينتج عن عمليات القطع تشققات وتصدعات في المادة). تقطع عينات المواد غير مرتفعة القساوة على آلات

Scanned by CamScanner

قطع المعادن أو باستخدام المناشير الآلية أو اليدوية، أما عينات المواد القاسية فتقطع باستخدام قرص القطع الرقيق مع الانتباه إلى عدم السماح بارتفاع درجة حرارة العينة.

ب- تثبيت العينات(عملية الوسد Mounting process):

تعتمد سرعة وسهولة إجراء عمليات جلخ وتلميع العينات إلى درجة كبيرة على حجمها. وتعتبر العينات المثالية هي العينات الاسطوانية ذات قطر 10-12 ميليمتر وارتفاع(0.7.D) أو(0.8.D) والعينات التي على شكل متوازي المستطيلات ذات الأبعاد(12*12*10mm). أما العينات الصغيرة نسبياً(أسلاك، صفائح، وغيرها) أو سهلة الكسر فيصعب إحكام مسكها (تثبيتها) لإجراء عمليات الجلخ والتلميع. توجد عدة طرق لتثبيت هذه العينات يمكن جمعها في نوعين أساسيين هما: طريقة المشبك وطريقة الحاضن. تعتمد طريقة المشبك على أساس مسك العينات معاً في مشبك مصنع من مادة قريبة من المادة المراد فحصها، وعادة تصنع معظم المشابك من الفولاذ الطري أو سبائك الألمنيوم أو سبائك النحاس. ويمكن في بعض الأحيان استخدام المطاط أو البلاستيك كمادة وسيطة بين العينة والمشبك. يوضح الشكل(5-3) طريقة المشبك وهي طريقة سهلة.



Scanned by CamScanner

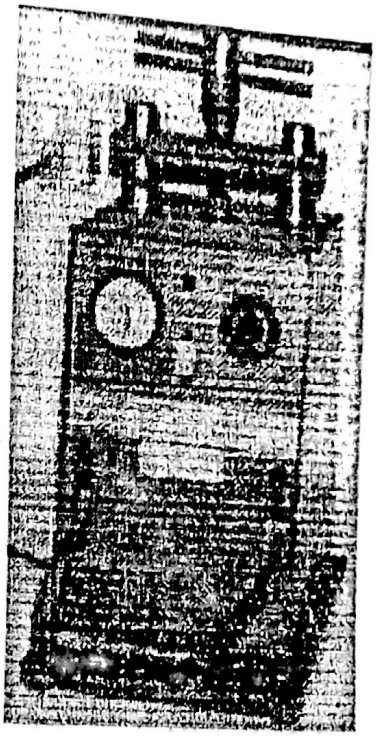
الشكل(5-3) طريقة تثبيت العينات بالمشبك

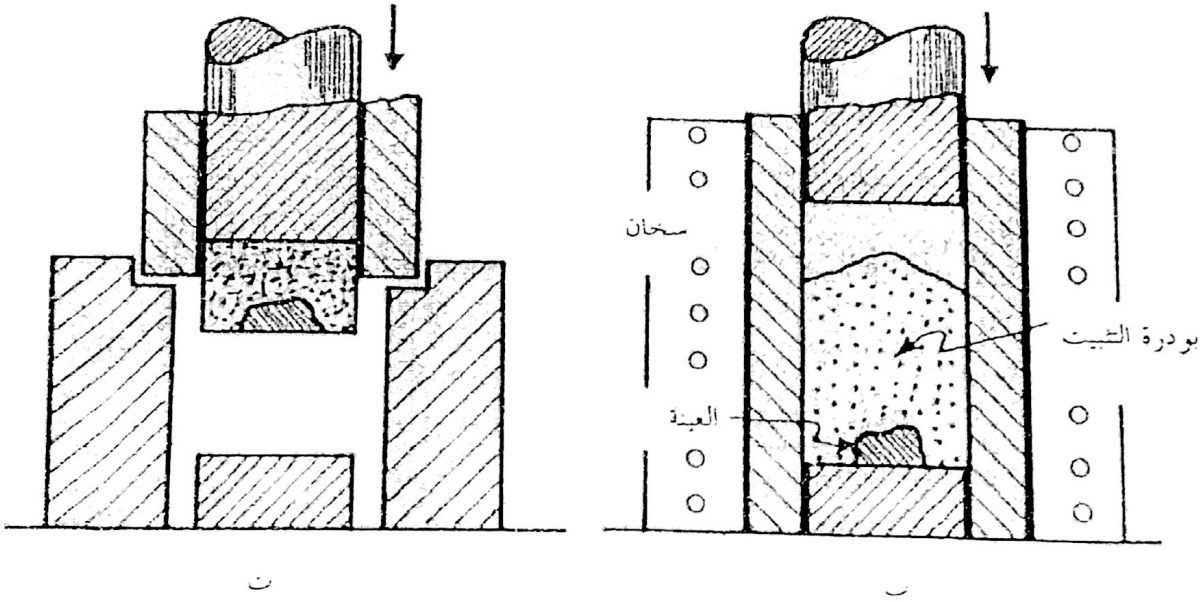
تعتبر طريقة الحاضن أشهر الطرق المستخدمة في مسك العينات وتثبيتها وأكثرها استخداماً في الوقت الراهن. وتعتمد على التثبيت باستخدام البلاستيك بطريقتين هما: الطريقة الساخنة والطريقة الباردة.

1- التثبيت على الساخن Hot mounting:

يتم تثبيت العينة على الساخن في مسحوق باكليت باستخدام مكبس خاص يحتوي على مسخنات، الشكل(5-4-أ). تنظف العينة وتوضع في حجرة المكبس وتحاط بمسحوق التثبيت، ثم يتم رفع الضغط تدريجياً وبنفس الوقت ترفع درجة الحرارة تدريجياً إلى أن تصل إلى حوالي-100) (150C°. ويحتفظ بالعينة تحت هذه الظروف لمدة عشر دقائق، ثم يتم إزالة الضغط وتترك العينة لتبرد كما هو مبين في الشكل(5-4-ب، ت).

Scanned by CamScanner





الشكل(5-4) تثبيت العينات على الساخن

أ- مكبس تثبيت العينات على الساخن، ب- العينة في حجرة الكبس،

ت- الحصول على العينة بعد التثبيت

Scanned by CamScanner

2- التثبيت على البارد Cold mounting:

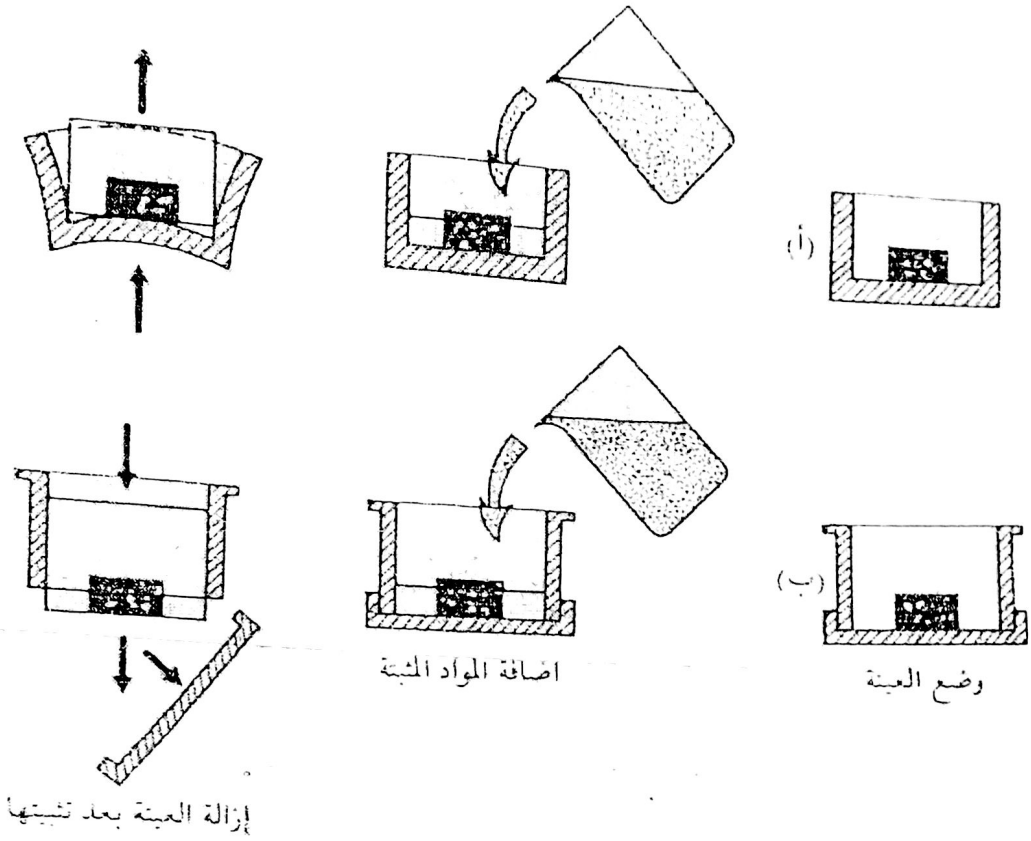
إذا كانت العينات كبيرة ولا يمكن إدخالها في حجرة المكبس أو هناك مخاوف من تأثير درجات الحرارة على التكوين البلوري فعندئذ تثبت العينة على البارد. ويستخدم في هذه الحالة سائل من مادة بوليمرية أو مسحوق من إحدى المواد البلاستيكية والذي يتصلب عند خلطه بالمجمد المناسب(مثل Epoxy resin). ويوضح الشكل(5-5) طريقة التثبيت على البارد.

ت- تجليخ وتلميع العينات:

يمكن تقسيم هذه العملية لمرحلتين:

المرحلة الأولى: هي عملية التجليخ الدقيق، وتجرى باستخدام ورق تجليخ(صنفرة) متدرج النعومة ويبدأ بالأخشن(240 درجة نعومة) وتتدرج حتى600 أو1000 درجة نعومة. تنفذ هذه المرحلة بوضع ورق التجليخ على لوح زجاجي وتمسك العينة وتجلخ في اتجاه طولي عمودياً على اتجاه الخدوش الموجودة بالعينة أصلاً حتى تختفي هذه الخدوش وتظهر مكانها خدوش أدق في اتجاه التجليخ تحدثها ورقة الصنفرة. عندئذ ننتقل إلى الدرجة الأنعم ونجلخ في اتجاه عمودي على الاتجاه السابق حتى تتلاشى الخدوش المتكونة من العملية السابقة ونكرر هذا العمل حتى نصل إلى أنعم درجة مستخدمين ضغطاً أخف كلما انتقلت من درجة إلى الدرجة الأنعم.

Scanned by CamScanner



الشكل(5-5) تثبيت العينات على البارد.

أ) باستخدام قالب قابل للثني، ب) باستخدام قالب من عدة قطع.

ويمكن الإسراع بعملية التجليخ بدون مخاطر ارتفاع درجات الحرارة الناتجة من التجليخ أو مخاطر تلوث سطح العينة بالمادة الفعالة في ورق التجليخ باستخدام ورق التجليخ المقاوم للماء(كربيد السيلكون) مع استخدام الماء للغسيل المستمر والتبريد أثناء التجليخ بالنسبة للمعادن والسبائك اللدنة كالألمنيوم وسبائكه ويمكن استخدام البرافين كمخفف للاحتكاك.

المرحلة الثانية: هي عملية الصقل(Polishing)، يتم التلميع بإزالة الخدوش الدقيقة جداً باستخدام مادة صلدة تقوم بعملية صقل السطح، بعد تكوين معلق منها مع الماء، على قماش شمواه أو جوخ مثبت على قرص

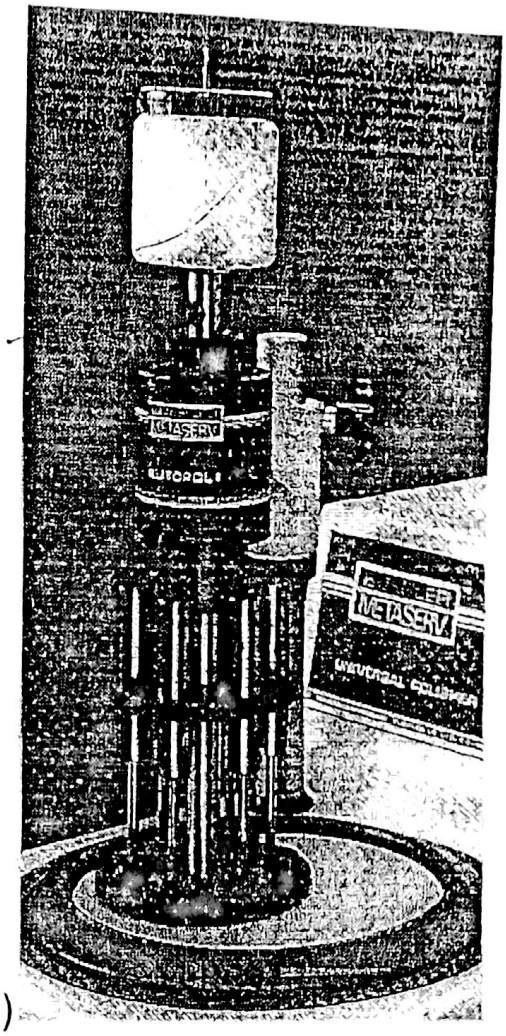
Scanned by CamScanner

يدور بسرعة عالية كما في الشكل(5-6). ويستخدم أكسيد الألمنيوم(الألومينا) أو أكسيد الكروم الأخضر أو المغنسيا(أكسيد الماغنسيوم). ويفضل استخدام عجينة مسحوق الماس خاصة مع الأجسام الصلبة عالية القساوة، ويتواجد هذا المسحوق بدقة من0.25 إلى6 ميكرون. لا تظهر بعد الصقل مباشرة تفصيلات البنية المكونة بل يبدو السطح لامعاً كالمرآة.

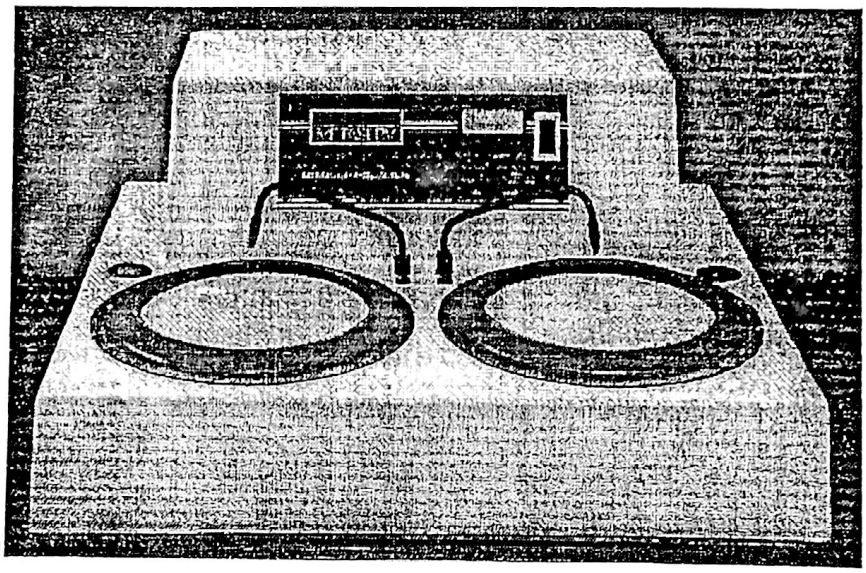
الصقل الإلكتروليتي(Electrolyte polishing):

يقوم الصقل الإلكتروليتي على استخدام محلول إلكتروليتي مناسب في دائرة كهربائية تستخدم التيار المستمر، وتستخدم هذه الطريقة أساساً للمعادن والسبائك الطرية وتمتاز بأنها تعطي سطحاً أملساً خالياً من التشوهات. كم أن هذه العملية تغني عن الإظهار(التنميش) حيث تظهر بعد الصقل الإلكتروليتي البنية الداخلية للمادة. ويوضح الجدول(5-1) التركيب الكيميائي للمحاليل الإلكتروليتية المستخدمة، كما يوضح الشكل(5-7) المبدأ العام لطريقة الصقل هذه.

Scanned by CamScanner



(a)

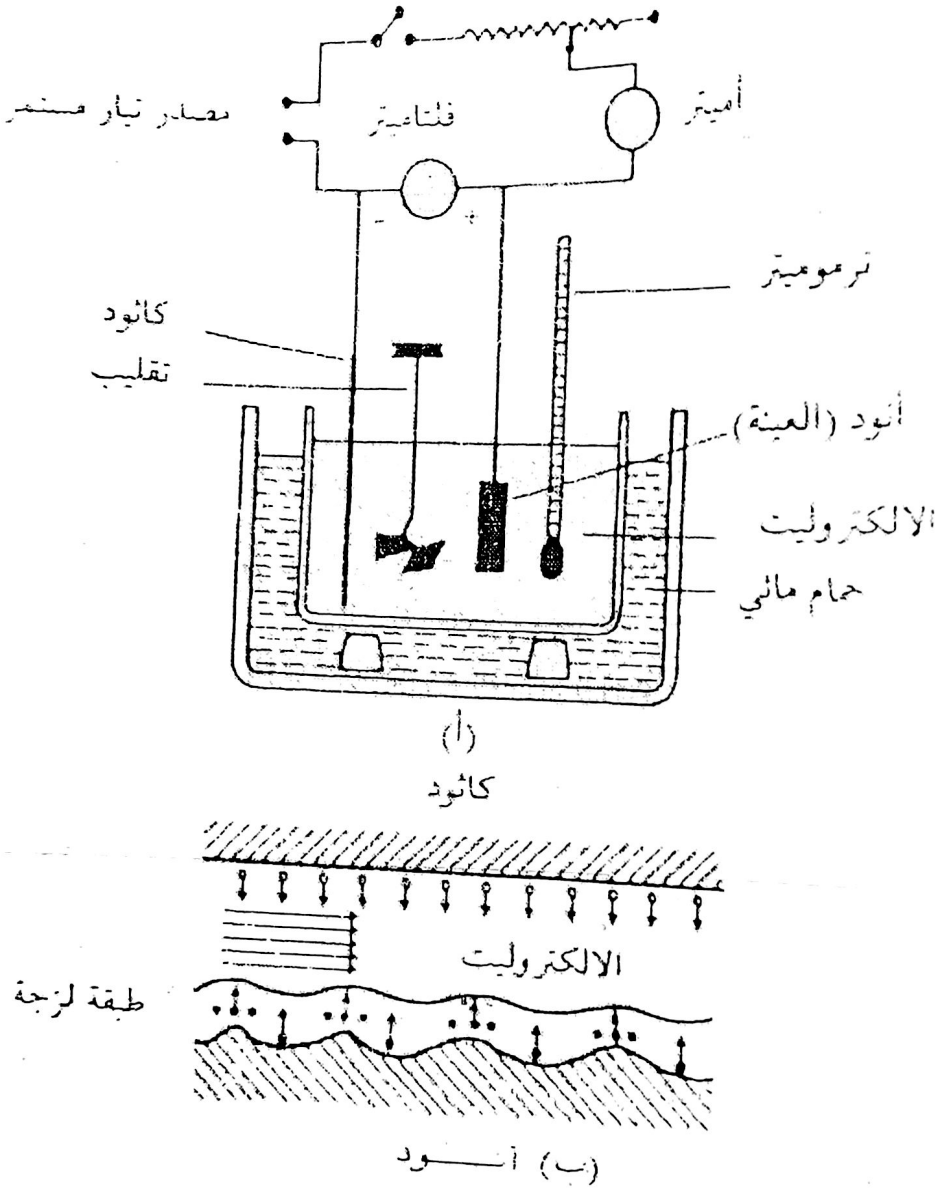


(b)

الشكل(5-6) جهاز الصقل الكهربائي

a) يتم صقل عدة عينات آليا على قرص الصقل الدوار دون الحاجة

Scanned by CamScanner



الشكل(5-7) الصقل الإلكتروليتي

Scanned by CamScanner

للفنيb) يتم مسك العينة يدوياً أثناء دوران القرص.

الجدول(5-1) تركيب المحاليل الإلكتروليتية المستخدمة لصقل سطوح بعض المعادن والسبائك

الفلز/السبيكة	الإلكتروليت	المهبط	شدة الجهد (فولت)	الزمن	درجة الحرارة C°
ألمنيوم	50 مل حمض كلور الماء 1000 مل حمض الخل الجليدي	فولاذ مقاوم للصدأ	50-55	10-25 ثانية	أقل من 35
السبيكة Al-Zn-Mg	100-300 غرام حمض الكروميك 100 مل حمض أرثوفوسفوريك	فولاذ مقاوم للصدأ	3-12	10 ثوان	50-90
نحاس	حمض أرثوفوسفوريك	نحاس	30	60 ثانية	20
سبائك النحاس	700 مل حمض أرثوفوسفوريك 350 مل ماء	نحاس	1.5-2	15-30 دقيقة	20
حديد	185 مل حمض بركلوريك 965 مل حمض الخل اللامائي 50 مل ماء	فولاذ مقاوم للصدأ	40-50	8-15 دقيقة	أقل من 30

Scanned by CamScanner

رصاص	200 مل حمض بركلوريك 800 مل كحول إثيلي	فولاذ مقاوم للصدأ	-70 100	-10 30 ثانية	أقل من 30
نيكل	390 مل حمض الكبريت 290 مل ماء	نيكل	60	4-6 دقائق	أقل من 35
قصدير	حمض بركلوريك	ألمنيوم	-50 60	-10 15 ثانية	أقل من 35
زنك	500 مل حمض أرثوفوسفوريك 500 مل كحول إثيلي	نيكل	60	-40 45 ثانية	20
سبائك النيمونيك	450 مل حمض الخل الجليدي 40 مل حمض بركلوريك 15 مل ماء	فولاذ مقاوم للصدأ	-50 60	3-4 دقائق	25

ث- الإظهارأوالتنميش(Etching):

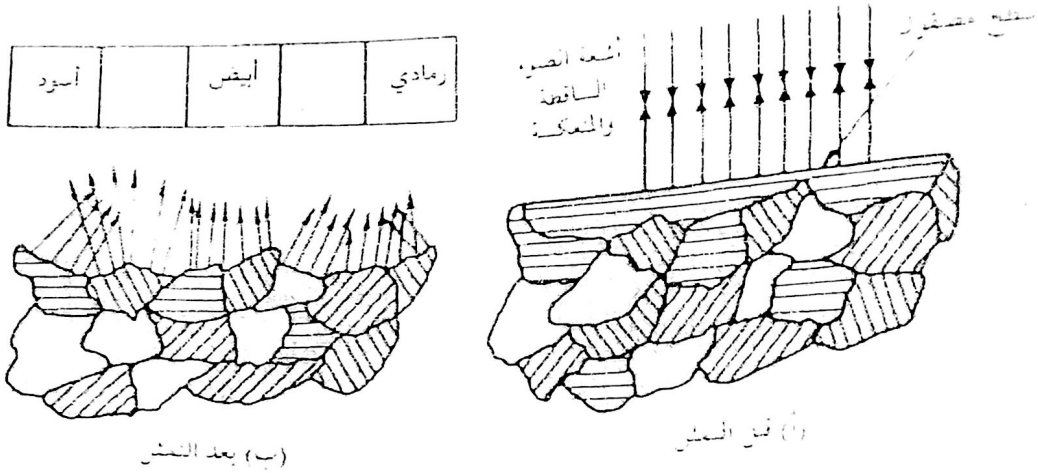
تتم عملية الإظهار بعد الانتهاء من عمليات الجلخ والصقل، وتهدف إلى إظهار البنية المجهرية للمادة. ويعتمد الإظهار على عملية التآكل الانتقائي(Selective corrosion) لسطح العينة عند تعرضها لمادة كيميائية آكالة. كما توجد بعض المواد التي يمكن التعرف على بنيتها المجهرية دون الحاجة إلى عملية الإظهار. كذلك لا تحتاج المواد التي تم صقلها بطريقة الصقل الإلكتروليتي إلى عملية الإظهار.

يبدو السطح المعدني بعد صقله مباشرة تحت المجهر مضيئاً كالمرآة بلا تفاصيل مرئية ويرجع ذلك إلى أن الأشعة الضوئية الساقطة عليه رأسياً

Scanned by CamScanner

تنعكس مارة بنفس مسارها إلى العينة فيبدو السطح مضيئاً إضاءة متجانسة كما هو موضح في الشكل(5-8-أ). ولكن بمعالجة السطح بمحلول كيميائي مظهر(كاشف)، يبدأ هذا المحلول بمهاجمة حدود الحبيبات فتتميز عن البلورات باختلاف كمية الضوء المنعكس من كل منهما، ثم يبدأ المحلول المظهر في مهاجمة الحبيبات فيتحول السطح المستوي لكل حبيبة إلى ما يشبه المدرجات الموازية لاتجاه المستويات البلورية في كل بلورة خضوعاً لمبدأ عدم تساوي الخواص الاتجاهية في البلورات وبالتالي فإن كمية الضوء المنعكسة من البلورات المختلفة تتباين لاختلاف زوايا الانعكاس نتيجة اختلاف ميول أسطح الانعكاس في البلورات المختلفة ومن ثم فإنه يمكن مشاهدة تباين الحبيبات وحدودها وكذلك الأطوار المختلفة لتباين مقدار تفاعلها مع المحلول المخرش. يبين الشكل(5-8) انعكاس الضوء الساقط على سطح المادة قبل وبعد الإظهار. تتم عملية الإظهار بغمس العينة المصقولة في محلول الإظهار(المخرش) أو بمسح سطحها بقطعة من القماش أو القطن مبللة بالمحلول، لزمن معين ثم تغسل العينة بالماء وتجفف في هواء ساخن. ويبين الجدول(5-2) محاليل الإظهار المستخدمة لبعض المواد.

Scanned by CamScanner



الشكل(5-8) انعكاس الضوء الساقط على سطح المادة قبل النمش وبعد النمش

تستخدم في بعض الأحيان للإظهار محاليل تكون على سطح العينة رواسباً ناتجة عن التفاعل بين مركبات المحلول. ويختلف سمك هذه الرواسب على الأطوار المختلفة مما يتيح، نتيجة لتداخل الضوء، الحصول على ألوان مختلفة. كما ويمكن إظهار البنية بطريقة الإظهار الحراري حيث تسخن العينة حتى درجة حرارة تتراوح بين(200-600C°) في جو مؤكسد. وتختلف نتيجة لهذا التسخين سمك طبقة الأكاسيد المتكونة على الأطوار المختلفة المكونة للبنية، مما يؤدي إلى ظهورها بألوان مختلفة عند دراستها مجهرياً.

Scanned by CamScanner

الجدول(5-2) محاليل الإظهار للمواد المختلفة

المادة	محلول النمش	تركيب محلول الإظهار	زمن الإظهار
رصاص	حمض النيتريك	5% حمض الآزوت مع الماء	تغمس العينة لفترة من 5 إلى 15 ثانية
ألمنيوم	حمض الهيدروفلوريك	0.5% حمض الهيدروفلوريك مع الماء	يمسح سطح العينة لفترة من 5 إلى 15 ثانية
	هيدروكسيد الصوديوم	1% هيدروكسيد الصوديوم مع الماء	
	محلول كيلر	1% حمض الفلور+1.5% حمض كلور الماء+2.5% حمض الآزوت+95% ماء	تغمس العينة لفترة من 30 إلى 60 ثانية
نحاس	هيدروكسيد-بروكسيد	50% بروكسيد+50% هيدروكسيد أمونيا	يمسح السطح لفترة من 5 إلى 15 ثانية
	كلوريد الحديديك	5 غرام كلوريد الحديد + 10 سم^3 حمض كلور الماء + 100 سم^3 ماء	
نيكل وكوبالت	خليط من	50% حمض الآزوت المركز + 50% حمض	يمسح السطح لمدة من 10

Scanned by CamScanner

المادة	محلول النمش	تركيب محلول الإظهار	زمن الإظهار
	الأحماض	الخل الجليدي	إلى15 ثانية
فولاذ منخفض الكربون، لحام، حديد مارتنسيتي، حديد طري، حديد مطاوع	نتال	2% حمض الآزوت في كحول إيثيلي	تغمس العينة لفترة من 10 إلى 30 ثانية
حديد برليتي، حديد الزهر، فولاذ متوسط وعالي الكربون	بيكرال	5% حمض البيكريك في كحول إيثيلي	تغمس العينة لفترة من 15 إلى 30 ثانية
فولاذ مقاوم للصدأ فولاذ أوستينيتي سمنتيت	مخلوط من الأحماض	75% حمض كلور الماء + 25% حمض الآزوت	يمسح السطح لمدة 10-30 ثانية
	كلوريد الحديديك	5 غرام كلوريد الحديد + 25 سم^3 حمض كلور الماء + 100 سم^3 ماء	يمسح السطح لمدة 10-30 ثانية
		2 غرام حمض البيكريك + 24 غرام صودا كاوية + 75 سم^3 ماء	تغمس العينة لفترة 10 دقائق
كربيد الفولاذ المقاوم للصدأ	موراكامي	10 غرام بوتاسيوم فري سيانيد + 10 غرام	تغمس العينة لفترة 5-10

Scanned by CamScanner

المادة	محلول النمش	تركيب محلول الإظهار	زمن الإظهار
		هيدروكسيد بوتاسيوم + 100 سم^3 ماء	دقائق
زنك		2%حمض نيتريك في الكحول	
مغنيزيوم		5 سم^3 اثيلين جليدي+24سم^3 ماء مقطر + 1سم^3 حمض نيتريك مركز	
تيتانيوم وزركونيوم		من 1% إلى 5% حمض الهيدروفلوريك مع قليل من حمض النيتريك أو الفوسفوريك	

5-2-المجهرالضوئي(الميكروسكوب الضوئي):

(Metallograph)

تدرس بنية المادة بواسطة المجهر الميتالوغرافي الضوئي وذلك بدراسة انعكاس الضوء عن سطح العينة. ويبين الشكل(5-9) المجموعة البصرية والشكل العام للمجهر الميتالوغرافي الرأسي الواسع الإنتشار في الأبحاث. ويتيح هذا المجهر دراسة العينات سواء في المجال الساطع أو المجال

Scanned by CamScanner

المظلم، وتحت الإضاءة الرأسية أو باستخدام الضوء المستقطب. ويتراوح معامل التكبير بين60 و1440 مرة. ويستخدم لأهداف البحث العلمي نوع آخر هو المجهر الميتالوغرافي الأفقي الذي يبلغ معامل تكبيره حتى1300 مرة في حالة الرؤية العينية، ويتعدى ذلك إلى حوالي2000 مرة في حال التسجيل الفوتوغرافي للبنية مع ضمان درجة عالية من حدة ووضوح الصور.

لا تتعدى قدرة التحليل للمجهر الضوئي(وهي عبارة عن أقل بعد لتفاصيل البنية يمكن تمييزه باستخدام هذا المجهر) 0.2 ميكرون أي 2000 أنغستروم، حيث لا يمكن استخدام هذا المجهر لتمييز تفاصيل دقائق البنية التي يقل بعدها عن0.2 ميكرون. ويعني هذا أن أقصى تكبير يمكن الاستفادة منه في المجهر الضوئي هو 2000 مرة. ولا تؤدي زيادة التكبير عن ذلك إلى الكشف عن أية تفاصيل جديدة أصغر في البنية، بل تؤدي فقط إلى زيادة مقياس رسم الصورة.

5-3- قياس الحجم الحبيبي:

يؤثر حجم الحبيبات في جميع أنواع المواد وخاصة المعادن وسبائكها تأثيراً مباشراً على الخواص عامة، والميكانيكية بشكل خاص، كما تؤثر على خواص السباكة، لهذا يجب تقدير وتحديد أحجام الحبيبات للتمكن من استنتاج أو توقع الخواص المطلوبة. ويصعب في الحقيقة تحديد أحجام الحبيبات لأنها تمثل كتلاً متباينة في أشكالها وأحجامها في الأبعاد الثلاثة الرئيسية، إلا أنه يمكن الاقتراب من الحقيقة. لذلك نقوم بعمل مقاطع في

Scanned by CamScanner

العينات وإظهار حدود الحبيبات بطرق التنميش وافتراض أن المساحات التي سنشاهدها على السطح(في البعدين) تتناسب مع الأحجام الحقيقية ويمكن تكرار هذه المقاطع في الأبعاد الثلاثة للاقتراب من قياس الأحجام. يوجد ثلاثة طرق رئيسية لتقدير حجم الحبيبات من مراقبة سطح العينة المطلوبة تحت المجهر أو من الصورة المطبوعة من المجهر.

1. طريقة المساحة الحرة:

تختار مساحة مناسبة تحتوي عدداً كبيراً من الحبيبات وتحاط بخط يحتويها ويمر بحدود حبيباتها الخارجية كما في الشكل(5-10-أ) وتقاس هذه المساحة بواسطة البلانيمتر ثم يجري حصر عدد الحبيبات داخل هذه المساحة وتقسم المساحة المقاسة بالبلانيمتر على عدد الحبيبات ومربع معامل التكبير المجهري وتكبير الصورة كما يلي:

$$V_m = \frac{A \times 10^6}{N \times M^2}$$

حيث:

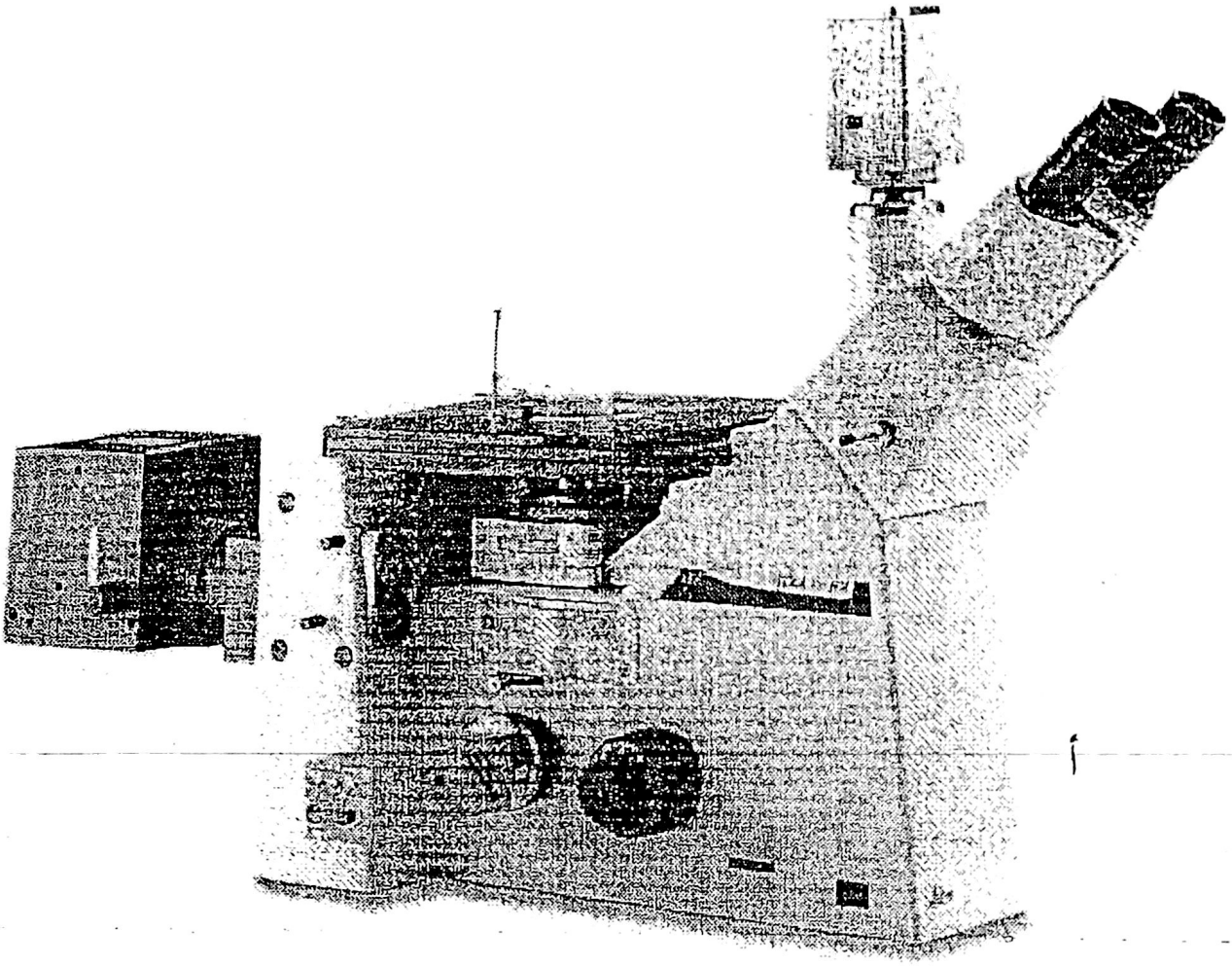
V_m- حجم الحبيبات المتوسط(μm^2).

A- المساحة المقاسة بالبلانيمتر (mm^2)

N- عدد الحبيبات المحصاة داخل المساحة المنظورة.

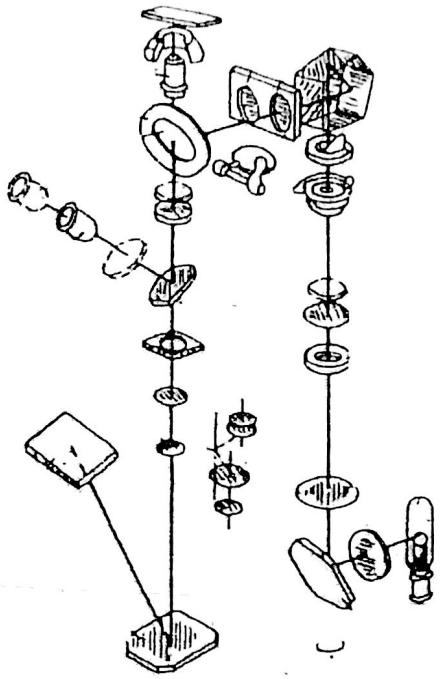
M- نسبة التكبير في المجهر × نسبة التكبير في ورق التصوير.

Scanned by CamScanner



الشكل(5-9-أ) الشكل العام للمجهر الميتالوغرافي(المجهر الضوئي)

Scanned by CamScanner



الشكل(5-9-ب) المجموعة البصرية للمجهرالضوئي

مثال:

إذا كانت نسبة التكبير للمجهر X100 ونسبة تكبير الصورة X1 وقيست المساحة المختارة على العينة بواسطة البلانيمتر وقدرها $1850mm^2$ وأحصي عدد الحبيبات داخل هذه المساحة فكانت 176 حبيبة فإن الحجم المتوسط للحبيبات هو:

$$V_m = \frac{A \times 10^6}{N \times M^2} = \frac{1850 \times 10^6}{176 \times (100)^2} = 1051\mu m^2$$

2. طريقة الدائرة:

تعتبر هذه الطريقة أسهل من الأولى حيث يمكن الاستغناء عن تقدير المساحة بجهاز البلانيمتر، إذ ترسم دائرة اختيارية بقطر مناسب على ورق

Scanned by CamScanner

التصوير الشكل(5-10-ب)، وتحسب مساحة هذه الدائرة، ثم يحصى عدد الحبيبات الواقعة داخل الدائرة بشكل كامل وكذلك عدد الحبيبات التي قطعها محيط الدائرة ويحسب حجم الحبيبات المتوسط من المعادلة:

$$V_m = \frac{A \times 10^6}{M^2(N + 0.67 \times n)}$$

حيث:

V_m- حجم الحبيبات المتوسط(μm^2).

A- مساحة الدائرة(mm^2).

N- عدد الحبيبات المحصاة داخل الدائرة.

n- عدد الحبيبات التي يقطعها محيط الدائرة.

M- نسبة التكبير في المجهر × نسبة التكبير في ورق التصوير.

مثال:

عند فحص عينة تحت المجهر بتكبير X75 أمكن رسم دائرة قطرها 38mm ووجد أن عدد الحبيبات الكاملة داخل الدائرة هو 126 حبيبة، وعدد الحبيبات التي يقطعها محيط الدائرة هو 45 حبيبة، أحسب حجم الحبيبات المتوسط.

مساحة الدائرة المرسومة: $A = \pi R^2 = 1134\ mm^2$

$$V_m = \frac{A \times 10^6}{M^2(N + 0.67 \times n)} = \frac{1134 \times 10^6}{75^2 \times (126 + 0.67 \times 45)}$$
$$= 1291 \mu m^2$$

Scanned by CamScanner

3. الطريقة القطرية:

لا يقاس في هذه الطريقة مساحة الحبيبات كدليل على حجمها إنما يقاس القطر المتوسط للحبيبات مرة في الاتجاه الطولي(استطالة الحبيبات) ومرة في الاتجاه العرضي المتعامد عليه إذا كانت العينة قد تعرضت لتشكيل على البارد. وتحدد النسبة بين قطر الحبيبات المتوسط في الاتجاه الطولي والقطر المتوسط في الاتجاه العرضي مقدار التشكيل على البارد الحادث للعينة. ويتم الحساب كما في الشكل(5-10-ت)، برسم عدد من الخطوط المتوازية على الصورة بين 5 إلى 10 خطوط بطول محدد مقداره L بالميليمتر ويحصى عدد الحبيبات التي يقطعها كل خط على حدة(N) مع الأخذ في الاعتبار أنه إذا أحصي جزء الحبيبة الأولى لا يحصى جزء الحبيبة الأخيرة إذا تصادف ولم تكتمل الحبيبة في أول الخط وآخره، وباعتبار عدد الخطوط المرسومة p ونسبة التكبير M فإنه يمكن حساب القطر المتوسط للحبيبات D_m في هذا الاتجاه بالمعادلة:

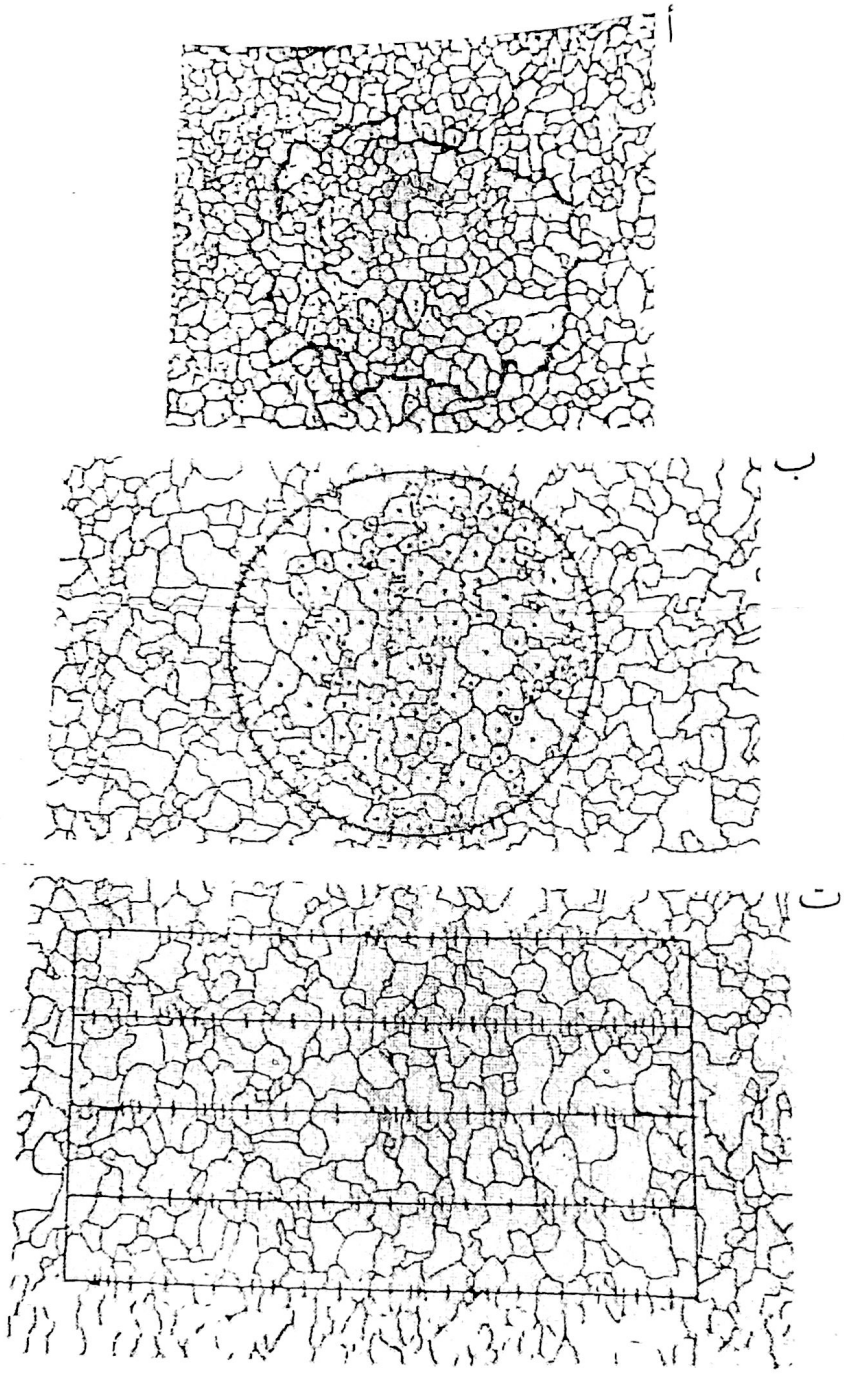
$$D_m = \frac{10^3 \times P \times L}{N \times M}$$

مثال:

إذا أحصي عدد الحبيبات في الخطوط الخمسة المتوازية المرسومة على الصورة وكانت على النحو التالي = N = 22 + 22 + 23 + 25 + 24 = 116 وكان طول كل خط L=59.7mm ونسبة التكبير M=75 فإن القطر المتوسط للحبيبات سيكون:

$$D_m = \frac{10^3 \times P \times L}{N \times M} = \frac{10^3 \times 5 \times 59.7}{116 \times 75} = 34.3\mu m$$

Scanned by CamScanner



الشكل(5-10) قياس حجم الحبيبات، أ- طريقة المساحة الحرة،

ب- طريقة الدائرة، ج- الطريقة القطرية

Scanned by CamScanner